

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

25.10.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月29日

出願番号
Application Number: 特願2003-369333
[ST. 10/C]: [JP2003-369333]

出願人
Applicant(s): 池之内 澄英

REC'D 09 DEC 2004

WIPO

PCT

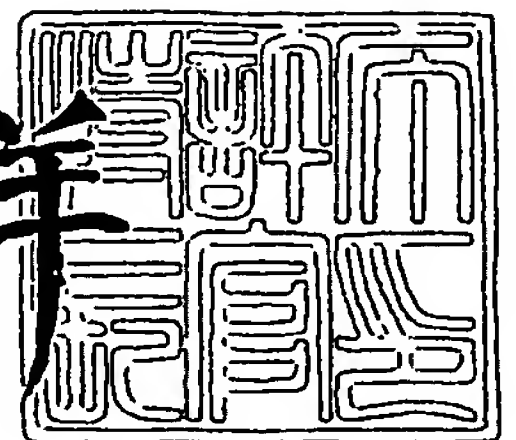
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年11月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川

洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 I-IUC-1
【提出日】 平成15年10月29日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/00
H01L 21/3065
H05H 1/00

【発明者】
【住所又は居所】 愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2
【氏名】 池之内 澄英

【特許出願人】
【住所又は居所】 愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2
【氏名又は名称】 池之内 澄英

【代理人】
【識別番号】 100083806
【弁理士】
【氏名又は名称】 三好 秀和
【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】
【識別番号】 100068342
【弁理士】
【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】
【識別番号】 100088797
【弁理士】
【氏名又は名称】 岡▲崎▼ 孝二

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 001982
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

高周波電源から供給された電力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、前記プラズマ処理室で各種プラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法であって、

前記インピーダンス整合器の S パラメータを含めた各種変化量を高周波ネットワークアナライザで測定し、

この測定値から前記インピーダンス整合器及び前記プラズマ処理室が共役整合したときの等価回路におけるインピーダンスや実抵抗値を求め、

この値で前記プラズマ処理装置の評価又は及び制御を行うことを特徴とするプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法。

【請求項 2】

前記インピーダンス整合器の実抵抗を R_m 、前記プラズマ処理室の実抵抗を R_L とするとき、前記高周波電源の電力供給効率 η を R_L と $(R_m + R_L)$ の比で計算することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマ処理装置の評価又は及び制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、高周波電源から供給された電力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、前記プラズマ処理室で各種プラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

各種プラズマ加工を行うプラズマ処理装置は、半導体のドライエッチング、スパッタリング、アッシング等を行うため、プラズマ処理室と高周波（RF）電源との間にインピーダンス整合器を備えている。安定した共振を行い、安定した電力を供給するためには、負荷の変動に応じてインピーダンス整合させねばならず、このため、一般には、インピーダンス整合器中のコンデンサやコイル類を可変制御している。これらプラズマ処理装置では、安定放電を行うため、回路を適切に評価し、又制御しなければならない。

【0003】

従来のプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法としては、特開平11-121440号公報（プラズマ評価方法及びその装置）、特開2001-16779号公報（プラズマ処理装置用インピーダンス整合器）、特開2003-282542号公報（プラズマ処理装置）等に表示されるものの例がある。

【0004】

特開平11-121440号公報に示されるプラズマ評価方法及びその装置は、プラズマ処理装置を組立てたのち、回路中の物理量（インピーダンス、電圧、電流、放射係数、電圧定圧波比、入射電力、反射電力、有効電力、無効電力）を実測定し、基準値と比較しつつ評価するというものである。

【0005】

特開2001-16779号公報に示されるインピーダンス整合器は、整合器と負荷との間に負荷のインピーダンスを実測する測定器を設け、マッチング可変コンデンサやチューニング可変コンデンサの容量を適切に制御するというものである。

【0006】

特開2003-282542号公報のプラズマ処理装置は、プラズマ発生前の洩れ電流を測定し、正常の場合の洩れ電流の基準値と比較することにより、プラズマ処理室の汚れや摩擦の状況を検出するというものである。

【0007】

これらの公報に示されるように、従来のプラズマ処理装置の評価又は制御にあつては、何らかの検出器を各装置に個別に設けなければならなかった。また、評価の方法が電力効率に関するものでなく、単なる物理量の呈示にとどまるものであった。

【0008】

また、従来の高周波プラズマ処理装置では、プラズマ処理室のインピーダンスを変化させ、整合器の高周波電力供給が最大になるように自動的に調節するため、プロセスの変動や装置間差を検出できず、製造歩留まりが変動するという問題があった。

【特許文献1】 特開平11-121440号公報、第1頁、図3

【特許文献2】 特開2001-16779号公報、第1頁、図1

【特許文献3】 特開2003-282542号公報、第1頁、図2

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、プラズマ処理装置の評価又は制御では電力効率が最も重要であることに鑑みて、これをRFネットワークアナライザを用いて検出し、この値でプラズマ処理装置の評価を行い、加えてこの値を適切な制御に反映させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決することができる本発明のプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法は、高周波電源から供給された電力をインピーダンス整合器を介してプラズマ処理室に供給し、前記プラズマ処理室で各種プラズマ加工を行うプラズマ処理装置の評価又は及び制御方法であって、

前記インピーダンス整合器のSパラメータを含めた各種変化量を高周波ネットワークアナライザで測定し、

この測定値から前記インピーダンス整合器及び前記プラズマ処理室が共役整合したときの等価回路におけるインピーダンスや実抵抗値を求め、

この値、又はこれらを加工して得られる値で前記プラズマ処理装置の評価又は制御を行うことを特徴とする。

【0011】

前記電力供給効率 η を、前記インピーダンス整合器の実抵抗を R_m 、前記プラズマ処理室の実抵抗を R_L 、とすると、 R_L と $(R_m + R_L)$ の比で計算する。

【数1】

$$\eta = R_L / (R_m + R_L)$$

【0012】

上記数式1による効率 η は、各ポジション毎のデータとしてリスト化できるので、制御中の各ポジションに応じて現在効率を割り出し、評価値として呈示できる。

【0013】

また、この評価値データを各プロセス制御に応じて記録し、各種パラメータに応じた適切基準値を定めてゆくことにより、一般的な各種クローズド制御や、適切電力制御等に反映させることができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、各装置に個別の検出器を設けることなく、整合器の等価回路における各種物理量を検出でき、各ポジションに応じた実抵抗および電力効率等を求めることができる。

【0015】

本発明は、半導体制御装置の高周波プラズマ処理装置において同軸ケーブルの損失と整合器内部損失の影響を受けずに、プラズマ処理室内部の消費電力を絶対量として測定し、プラズマ処理状態の最適化を図ることができる。また、整合器とプラズマ処理室の間に検出回路を挿入改造する必要がないため、従来の高周波プラズマ処理装置にも大きく改造すること無く適用できる。さらに、プラズマ処理室のインピーダンスが変化した場合にもインピーダンスと高周波電力供給の両方の測定、解析、調整することによりデバイスの製造歩留まりが変動しないようにプラズマ処理室を安定化できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、添付図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を示す。図1は、半導体プラズマ処理装置に本発明を実施した場合の測定状況を示すブロック図である。図2は装置の等価回路、図3は、測定時に用いる等価回路である。

【0017】

図1において、半導体プラズマ処理装置は、RF電源1と、インピーダンス整合器2と、プラズマ処理室3とで構成させている。これら半導体プラズマ処理装置1、2、3は、従来例でも示した半導体プラズマ処理装置と同様である。即ち、その内部構造については省略して示しているが、インピーダンス整合器2は、一般的なLC回路を基本とし、RF電源1及びそれらの容量は、クローズドループ制御部4によって可変制御可能となってい

る。また、プラズマ処理室 3 は、距離を置いて放電電極を配置し、その間に被処理体であるウェハを配置可能とし、プラズマ発生時点で高真空状態を保てるようになっている。クローズドループ制御部 4 の制御は、インピーダンス整合器 2 中のコイル又はコンデンサの容量を、基準のものに対して一定化するようなフィードバック制御である。これらは、いずれも一般的なものである。

【0018】

本発明では、測定時、整合器 2 の入出力端と RF ネットワークアナライザ 5 の両端子 Port1、Port2 とを、実同軸ケーブル 6、7 で接続するようになっている。また、前記 RF ネットワークアナライザ 5 と、整合器 2 と、クローズドループ制御部 4 は、入出力制御部 9 を介して演算部 10 と接続されている。演算部 10 は、本発明特有の効率演算部 10a を内蔵し、整合器データ記憶部 10b、S パラメータ記憶部 10c、インピーダンス記憶部 10d と接続されている。

【0019】

新たに構成されたシステム制御部 4 は、クローズドループ制御部 4 を介し、RF 電源 1 及び整合器 2 中の制御部品を、システムクローズドループ制御を行い、プラズマ処理室の安定化を図るものである。測定は、プラズマ処理室 3 に伝達されたパワーの測定、プラズマ処理室 3 のインピーダンスのモニタ、処理終了点（エンドポイント）の検出、プラズマクリーニングの終点検出、プロセスシステムの診断、RF 電源 1 及び整合器 2 の各種解析を行うことができる。

【0020】

RF ネットワークアナライザ 5 による測定の特徴を挙げれば、従来のプラズマ処理装置と整合器 2 とプラズマ処理室 3 の接続部の改造なく適用でき、最大電力、電圧、電流の影響を受けず、測定角度が高い。異周波数や高調波の影響を受けない等の利点がある。

【0021】

図 2 は、以上示したプラズマ処理装置のインピーダンス整合器 2 及びプラズマ処理室 3 の共役整合時における等価回路である。図 2 に示すように、一対の端子 T1、T2 に RF 電源が接続され、可変コンデンサ VC1 が並列接続されて、可変コンデンサ VC2 及びインダクタンス L 並びに実抵抗 R_m の直列回路と、その先にプラズマ処理室 3 のインピーダンス Z_p (R_L) が直列接続された等価回路である。端子 T3 の共役整合点を共役インピーダンス Z_C とする。このとき、プラズマ処理室 3 の抵抗 R_L は、インピーダンス整合器出力の抵抗 R_Z と等しく、リアクタンス特性を相殺する共役整合にある。RF 入力端子から見たインピーダンス抵抗は、例えば 50Ω であるが、プラズマ処理室 3 の実抵抗 R_L は例えば 1Ω 、インピーダンス整合器 2 の実損失抵抗 R_m は例えば 0.3Ω で、先の RF 入力端子抵抗 50Ω を可変コンデンサ VC1、VC2 及びインダクタンス L の変換回路で、 50Ω から 0.7Ω に変換し、インピーダンス整合器出力抵抗 R_Z ($R_m + Z_R$) はプラズマ処理室 3 の抵抗 R_L と等しく、共役整合であるから、 $(0.3\Omega + 0.7\Omega) = 1.0\Omega$ となり、インピーダンス整合器の伝送損失 η は、 $R_Z / (R_m + R_L)$ である。インピーダンス・マッチングを取るためには、スミス・チャートやイミッタンス・チャートを使うと便利である。測定内容をまとめて、表 1 に示す。

【表 1】

測定内容	
整合器実損失抵抗 (R_m)	$R_m = (R_L / \eta) - R_L$
S パラメータ、 S_{11} (dB) 反射係数	$S_{11} \text{ (dB)} = R \pm jX = 50 \pm j0$
S パラメータ、 S_{21} (dB) 伝送係数	$S_{21} \text{ (dB)} = \eta (10 \text{Log})$
S パラメータ、 S_{22} (dB) 反射係数 (逆)	$S_{22} \text{ (dB)} = R \pm jX \therefore R = (R_L)$

【0022】

そこで、本発明では、インピーダンス整合器 2 の両端に、ポート Port1、Port2 を介して

R F ネットワークアナライザ 5 を介在させ、抵抗や整合インピーダンスの測定を行う。測定結果は前記の演算部 10 に送られ、これに付属させた効率演算部 10a で電力効率 η を計算し、評価値として利用可能とする。また、これらにより演算された結果は、クローズドループ制御部 4 に出力可能とされ、制御に反映可能としている。従来の制御方法として、プラズマ処理室 3 の電力を一定とする方式があったが、効率一定とする制御方式等も提案できる。

【0023】

本発明では、インピーダンス整合器 2 の両端に、R F ネットワークアナライザ 5 の測定ポート Port1、Port2 を介して、抵抗や共役インピーダンスの測定を行う。測定結果は前記の演算部 10 に送られ、これに付属させた効率演算部 10a で電力効率 η を計算して保存し、共役インピーダンスはインピーダンス記憶部 10d に保存する。これを整合器ポジションと同じに整合器データとして記憶（保存）させて、演算部 10 の入出力制御部 9 で入出力可能とし、クローズドループ制御部 4 で、クローズドループ制御に反映可能となっている。

【0024】

測定時の等価回路を図 3 に示す。実測定面 11 を境として測定が行われる。インピーダンス整合器 2 の S パラメータを、R F ネットワークアナライザ 5 付属のマッチング回路機能でインピーダンス整合器 2 を共役整合状態とし、測定し、保存する。その S パラメータとインピーダンス整合器 2 の整合器ポジション (V C 1 / V C 2) より、プラズマ処理室 3 の電力供給効率 η を、 $R_L / (R_m + R_L)$ と共役インピーダンス ($V C 1 / V C 2 = R \pm j X$) 関係式より算出する。

【0025】

上記例では、ある整合器ポジションにおいて、 $R_m = 0.3 \Omega$ 、 $R_L = 1 \Omega$ であれば、電力効率 $\eta = 76.92\%$ が求まる。即ち、インピーダンス整合器 2 からは 1000W の入力電力の内、789.2W が実出力されている。この値は、他の検出器を備えての実測データと非常に近接した値であることが確認されている。

【0026】

本発明は、半導体システム制御装置の高周波プラズマ処理装置において実装同軸ケーブルの損失とインピーダンス整合器 2 内部の損失の影響を受けずに、プラズマ処理室 3 の消費電力を絶対量としてシステム制御しプラズマ処理状態の最適化を図ることができる。また、インピーダンス整合器 2 とプラズマ処理室 3 の間に検出回路を挿入改造する必要がないため、従来の高周波プラズマ処理装置にも大きく改造することなく適用できる。さらに、プラズマ処理室のインピーダンスが変化した場合にもインピーダンスと高周波電力供給の両方の測定、解析、調整をすることにより、デバイスの製造歩留が上昇するようにプラズマ処理室 3 を均一化、または安定化できる。

【0027】

以上示した実施形態では、R F ネットワークアナライザ 5 を 2 ポート測定端子として測定した例を示したが、装置との接続方式はこれに限定されるものではなく、また各種制御方式を有するものに対応可能である。

【0028】

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜設計的变化が可能であり、各種態様で実施できる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】 本発明を実施した場合の測定状況を示す半導体プラズマ処理装置のブロック図である。

【図 2】 図 1 に示すインピーダンス整合器及びプラズマ処理室の並列共振の等価回路図である。

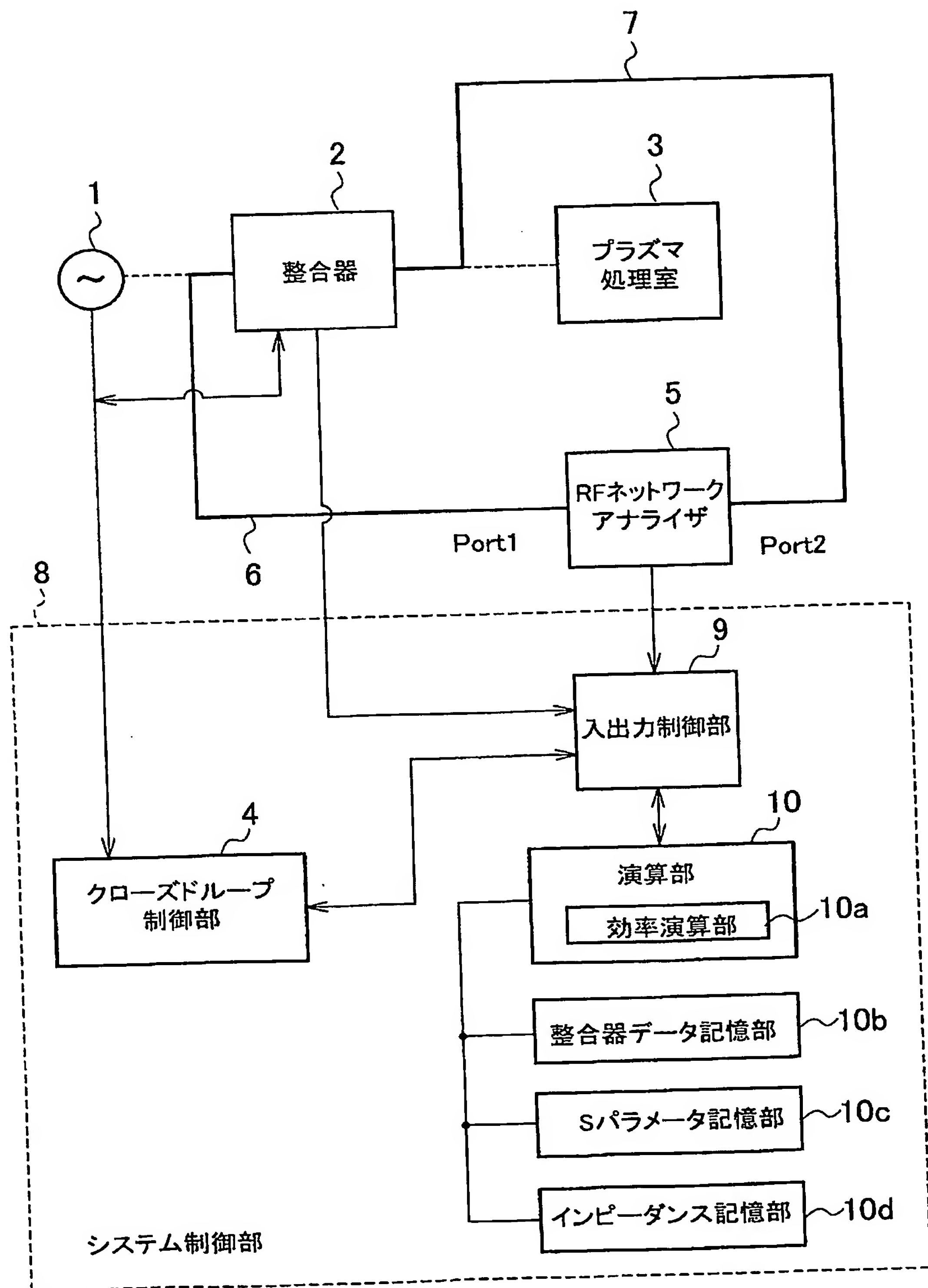
【図 3】 図 2 に示すインピーダンス整合器の S パラメータを R F ネットワークアナライザで測定するのに用いた等価回路図である。

【符号の説明】

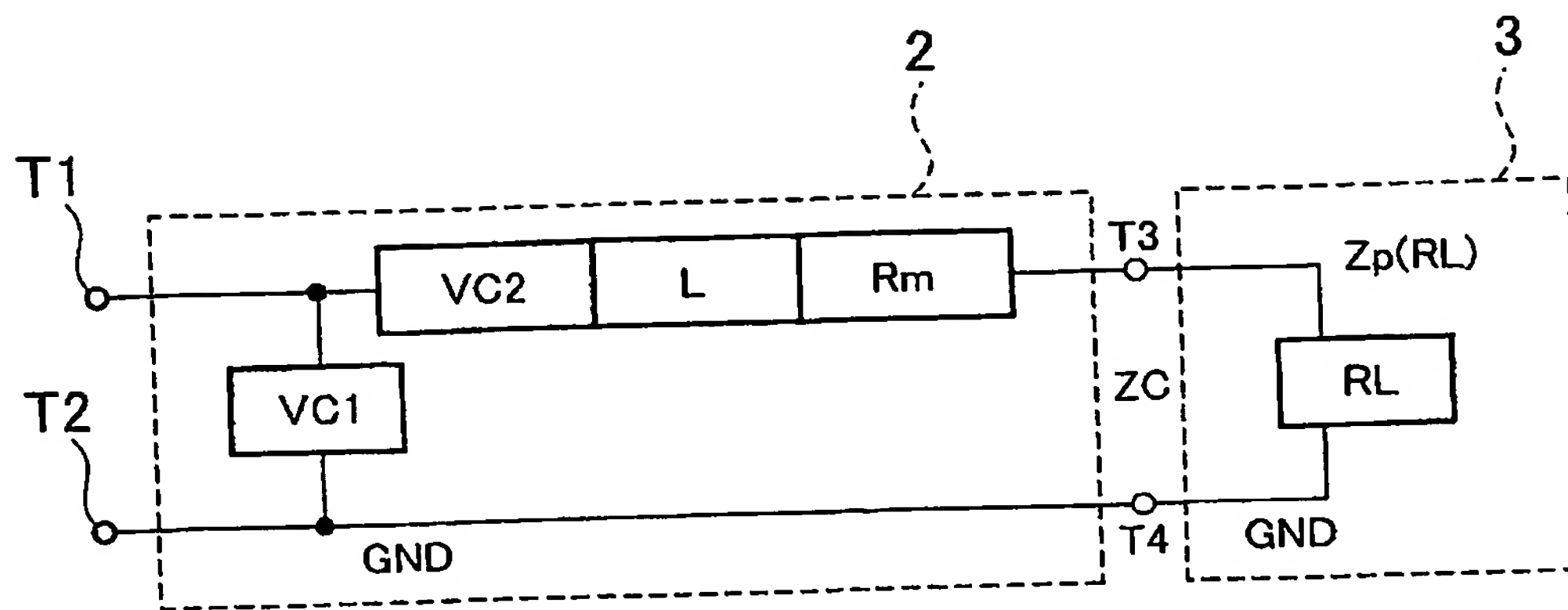
【0030】

- 1 RF電源
- 2 インピーダンス整合器
- 3 プラズマ処理室
- 4 クローズドループ制御部システム制御部
- 5 RFネットワークアナライザ
- 6、7 同軸ケーブル
- 8 システム制御部
- 9 入出力制御部
- 10 演算部
- 10a 効率演算部
- 10b 整合器データ記憶部
- 10c Sパラメータ記憶部
- 10d インピーダンス記憶部
- 11 実測平面
- VC1、VC2 可変コンデンサ
- L インダクタンス
- Rm 整合器の抵抗
- RL 生成器の抵抗

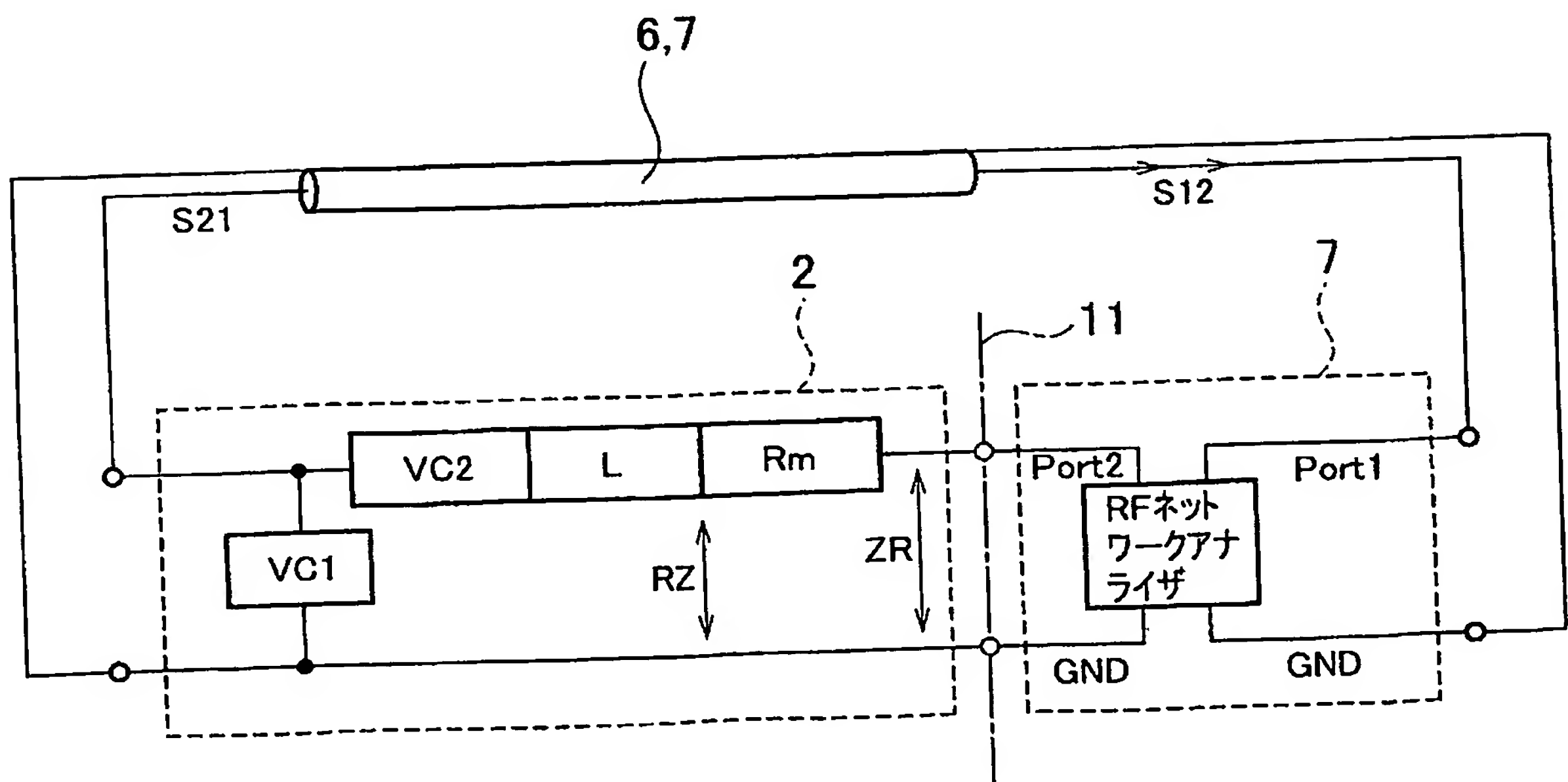
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 RF電源、インピーダンス整合器、プラズマ処理室を備えたプラズマ処理装置において、各装置に特別の検出器を設けることなく、インピーダンスや電力効率を測定し、これらの値を有効に評価、制御できる方法を提案する。

【解決手段】 高周波ネットワークアナライザを同軸ケーブルを介してインピーダンス整合器に接続し、インピーダンス整合器及びプラズマ処理室の共振等価回路に対応してインピーダンスの他、実抵抗値を測定し、プラズマ処理室の抵抗 R_L と総和 ($R_m + R_L$) の比より電力効率 η を近似し、これを評価の対象とし、制御に反映させる方法。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-369333
受付番号	50301795555
書類名	特許願
担当官	植田 晴穂 6992
作成日	平成 15 年 11 月 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】 503397731

【住所又は居所】 愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2

【氏名又は名称】 池之内 澄英

【代理人】 申請人

【識別番号】 100083806

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門 1 丁目 2 番 3 号 虎ノ門第一ビル 9 階 三好内外国特許事務所

【氏名又は名称】 三好 秀和

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門 1 丁目 2 番 3 号 虎ノ門第一ビル 9 階 三好内外国特許事務所

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100088797

【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門 1 - 2 - 3 虎ノ門第 1 ビル 9 F 三好内外国特許事務所

【氏名又は名称】 岡崎 孝二

特願 2 0 0 3 - 3 6 9 3 3 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 3 3 9 7 7 3 1]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 3 年 1 0 月 2 9 日

住 所
氏 名

新規登録
愛媛県北条市柳原 4 9 1 - 2
池之内 澄英